

Title	Polynomial-Time Algorithms for Quickest Flow and Sink Location Problems in Tree Dynamic Networks
Author(s)	間々田, 聡子
Citation	大阪大学, 2005, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/46759">https://hdl.handle.net/11094/46759</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	間々田 聡子
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 19819 号
学位授与年月日	平成 17 年 9 月 30 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 基礎工学研究科システム創成専攻
学位論文名	Polynomial-Time Algorithms for Quickest Flow and Sink Location Problems in Tree Dynamic Networks (木構造動的ネットワーク中の最速フロー問題と施設配置問題に対する多項式時間アルゴリズム)
論文審査委員	(主査) 教授 乾口 雅弘  (副査) 教授 潮 俊光 教授 新井 健生 京都大学数理解析研究所教授 藤重 悟 助教授 牧野 和久

#### 論文内容の要旨

静的ネットワークに時間軸の概念を加えたものを動的ネットワークと呼ぶ。本論文では、木構造動的ネットワーク中で、与えられた供給量を与えられた出口集合へ最速に送り出すフローを求める問題（最速フロー問題）と、与えられた供給量を最速に送り出すことができるような出口を配置する問題（施設配置問題）に対する多項式時間アルゴリズムを提案した。一般のネットワーク中でのこれらの問題に対する従来研究の多くは、時間展開グラフを用いた擬多項式時間アルゴリズムを提案している。また、Hoppe-Tardos (2000) によって初の多項式時間アルゴリズムが示されたが、非常に高次で実用的とは言い難い。そこで、本論文では、想定するネットワークを木構造とし、また、同じ点を経由するフローは同じ出口へ向かうという条件を加えることで、高速な多項式時間アルゴリズムを開発した。

本論文で与えた結果は以下の通りである。第 3 章では、出口が 1 点の最速フロー問題と、出口を 1 点配置する施設配置問題（1-施設配置問題）に対して  $O(n^2)$  時間アルゴリズムを提案した（ただし、 $n$  は節点数）。第 4 章では、第 3 章で提案したアルゴリズムを簡単にし、かつデータ構造を工夫することで、1-施設配置問題に対する  $O(n \log^2 n)$  時間アルゴリズムを提案した。第 5 章では、複数個の施設への最速フロー問題に対して、多項式時間アルゴリズムを示した。この問題は、単調な min-max 型の木分割問題として扱うことができ、単調でない min-max 型の木分割問題は NP-困難であり、min-sum 型の木分割問題は単調であっても NP-困難であることも示した。さらに、2-施設配置問題に対しても  $O(n \log^3 n)$  時間アルゴリズムを提案した。

本論文で示したアルゴリズムは、木構造ネットワークでの避難システムの評価や、インターネット上のルーティング問題などに広く応用できる。

#### 論文審査の結果の要旨

本論文では、木構造静的ネットワークに時間概念を加えた木構造動的ネットワーク上でのいくつかの最適化問題に

対する効率的な求解アルゴリズムが提案されている。

従来、一般の動的ネットワーク上で所与の供給量を所与の出口集合に最速に送り出すフローを求める最速フロー問題や、各節点に与えられた供給量を最速に送り出すことができる出口を求める施設配置問題が議論されてきた。これらの研究成果の多くは、時間展開グラフを用いた擬似多項式時間アルゴリズムを提案するに留まっていた。2000年に、HoppeとTardosにより、ようやく多項式時間アルゴリズムが提案された。しかし、残念ながら、この多項式時間アルゴリズムは、非常に高次で実用的とは言い難いものであった。

本論文では、ネットワークを木構造とし、かつ、同じ点を経由するフローは同じ出口に向かうという条件を加えた場合を取り上げ、高速な多項式時間アルゴリズムを提案している。まず、出口が1点の最速フロー問題と、1点の出口を配置する施設配置問題に対して、 $O(n^2)$  時間アルゴリズムが提案されている。次に、このアルゴリズムを単純化し、かつ、データ構造に工夫を加えた  $O(n \log^2 n)$  時間アルゴリズムが与えられている。さらに、複数の出口への最速フロー問題の多項式時間アルゴリズムおよび2点の出口を配置する施設配置問題の  $O(n \log^3 n)$  時間アルゴリズムが提案されている。最後に、最速フロー問題が単調な min-max 型の木分割問題として扱うことができることから、単調な min-sum 型の木分割問題が議論され、この問題が NP-困難であることが示されている。

以上のように、本論文では、木構造動的ネットワーク上の最速フロー問題と施設配置問題の高速な多項式アルゴリズムを提案し、動的ネットワークの分野へ新たな知見を与えている。動的ネットワークは避難システムやインターネットの数学モデルとして用いられることから、避難路が木構造となる避難システムの評価やインターネットのルーティング問題などへの応用に寄与するものである。したがって、博士（工学）の学位論文として十分に価値のあるものと認める。